

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08139681 A

(43) Date of publication of application: 31.05.96

(51) Int. Cl

H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04L 25/497

(21) Application number: 07257276

(22) Date of filing: 11.09.95

(30) Priority: 12.09.94 JP 06217612

(71) Applicant:

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(72) Inventor:

YONENAGA KAZUSHIGE
KUWANO SHIGERU
SHIBATA NOBURU
NORIMATSU SEIJI

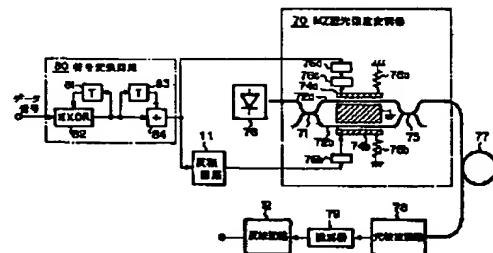
(54) DEVICE AND SYSTEM FOR OPTICAL TRANSMISSION

voltage is adjusted so that the intensity of output light can be minimized in comparison with its central value (1).

(57) Abstract:

PURPOSE: To increase capacity, to accelerate speed and to extend a distance by minimizing the light intensity of a duobinary signal corresponding to a central value and modulating the light intensity while inverting a phase corresponding to the other two values with the same light intensity.

CONSTITUTION: A binary digital data signal is converted into the duobinary signal by a code converting circuit 80. The duobinary signal of three values (0, 1 and 2) is branched into two parts, one part is inputted to an inverter circuit 11 so as to generate a duobinary signal (-1, 0 and 1) without two DC components of the same, amplitude and mutually inverted phases, and a voltage proportional to that signal is respectively impressed to electrodes 74a and 74b of an MZ type light intensity modulator 70. The light intensity of output light from a semiconductor laser 76 is modulated corresponding to these two duobinary signals of the mutually inverted phases, and that light intensity converted signal is transmitted to an optical fiber transmission line 77. When modulating the light intensity while using the duobinary signal of three values (0, 1 and 2), a bias



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-139681

(43)公開日 平成8年(1996)5月31日

(51)Int.Cl.⁶
H 04 B 10/152
10/142
10/04

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 9/00

L

Y

審査請求 未請求 請求項の数7 FD (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-257276
(22)出願日 平成7年(1995)9月11日
(31)優先権主張番号 特願平6-217612
(32)優先日 平6(1994)9月12日
(33)優先権主張国 日本 (JP)

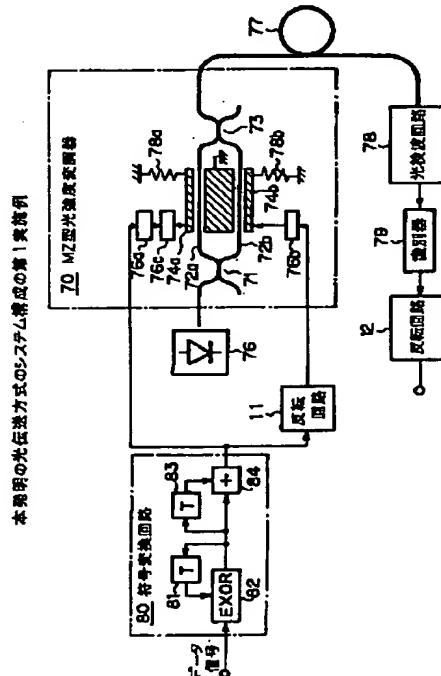
(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(72)発明者 米永一茂
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 桑野茂
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 朱田宣
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日本電信電話株式会社内
(74)代理人 弁理士 山本恵一
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光送信装置および光伝送システム

(57)【要約】

【課題】光強度変調を用いる光送信装置およびそれを用いた光伝送システムに関し、デュオバイナリ信号により光強度変調を行う構成において、受信感度劣化および受信回路の複雑化を伴うことなく信号スペクトルにおけるキャリア周波数成分を抑圧し、かつ信号帯域を従来の2値の光強度変調信号の半分にして大容量化、高速化、長距離化を図る。

【解決手段】2値のデータ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、デュオバイナリ信号の中央値に対する光強度を最小とし、他の2値に対して同じ光強度で互いに位相を反転させた光強度変調を行う光強度変調手段により構成される光送信装置、およびその光送信装置と、光ファイバ伝送路と光受信手段により構成される光伝送システム。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2値のデータ信号を入力する入力端子と、

該入力端子に結合し2値のデータ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、
該符号変換手段の出力に結合し、前記デュオバイナリ信号により光搬送波に強度変調を与える光変調手段であって、デュオバイナリ信号の中央値に対する変調光の強さが最小であり、デュオバイナリ信号の他の2値に対する変調光の強さが最大であり、これら2値に対する変調光の位相が相互に逆であるような変調を行なう光変調手段と、

該光変調手段の出力に結合し変調光を光ファイバに送出する出力端子とを有することを特徴とする光送信装置。

【請求項2】 前記光変調手段が、デュオバイナリ信号の中央値に対する最小の出力として光強度0を与える、
請求項1記載の光送信装置。

【請求項3】 前記光変調手段が、
光搬送波を提供する光源と、

前記デュオバイナリ信号の値に応じて振幅が同じで位相が逆の1対の相補的な変調器駆動信号を提供する変調器駆動信号生成手段と、

前記1対の相補的な変調器駆動信号を入力する2つの変調器駆動信号入力端子をもち、その2つの入力信号に対して2つに分岐された光の位相をそれぞれ変化させて光強度変調を行うことができるマッハツエンダ干渉計型光強度変調器とを有し、

前記変調器は前記光源の出力光を変調して、前記変調器駆動信号が中央値のとき出力光が最小で前記変調器駆動信号が他の2値のとき出力光が最大で、これら2値に対する出力光の位相が相互に逆であるように変調することを特徴とする請求項1記載の光送信装置。

【請求項4】 前記符号変換手段が、
2値のデータ信号を2つに分岐する信号分岐回路と、
一方の2値のデータ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換回路と、
他方の2値データ信号を反転する反転回路とにより構成され、

前記光変調手段が、
光搬送波を提供する光源と、
前記反転回路の出力に従って前記光搬送波を変調する光強度変調器と、

前記デュオバイナリ信号に従って前記光強度変調器の出力光を変調する光位相変調器とを有し、
それらを前記デュオバイナリ信号の中央値に対する光強度は最小で、他の2値に対する光強度は最大で、これら光強度を最大とする2値に対する位相が相互に逆であるように動作させることを特徴とする請求項1記載の光送信装置。

【請求項5】 前記符号変換手段の出力と、前記光変調

手段の入力の間に低域通過フィルタがもうけられ、光変調手段への入力信号の帯域を制限する請求項1-4のいずれかに記載の光送信装置。

【請求項6】 請求項1-5のいずれかに記載の光送信装置と、復調2値信号を提供する光受信装置と、該光送信装置と、前記光受信装置を結合する光伝送路とを有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項7】 前記光受信装置は、受信光を直接検波する光検波回路と、該光検波回路の出力に結合し2値信号の各値を識別する識別器と、該識別器の出力の符号を反転する論理反転回路と、該反転回路の出力に結合して復調2値信号を提供する出力端子とを有する請求項6記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、基幹伝送に用いられる長距離・大容量光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信システムでは、光強度変調—直接検波方式（以下「IM-DD方式」という。）が最も簡易な光伝送方式である。光強度変調には、半導体レーザを直接駆動する直接変調方式と、光強度変調器を用いる外部変調方式がある。直接変調方式では、光強度変化に伴う周波数変調成分すなわちチャーピングの発生により過剰なスペクトル広がりが生じ、伝送路となる光ファイバの波長分散等によって伝送特性が劣化する。一方、外部変調方式では様々な形態の光強度変調器が用いられるが、マッハツエンダ干渉計型（以下「MZ型」という。）は原理的にチャーピングを抑圧することができる所以、超高速・長距離伝送に適した光強度変調器として広く用いられている。

【0003】 図13は、MZ型光強度変調器を用いた従来の光伝送方式のシステム構成を示す。図において、MZ型光強度変調器70は、カプラ71で2本の光導波路72a, 72bに分岐された光に位相差を与え、カプラ73で合流させることにより光強度変調を行う構成である。MZ型光強度変調器70は、図14に示すように、電極への印加電圧に応じた位相差によって透過率が周期的に変化する。従来の2値のIM-DD方式では2値信号を隣接する最大透過率の点Aと最小透過率の点Bに対応させて変調する。なお、本構成では2値のデータ信号を2分岐し、一方を反転回路75に入力して互いに論理が反転した2つのデータ信号を生成し、それに比例した電圧を各光導波路72a, 72bに対応する電極74a, 74bにそれぞれ印加する。これにより印加電圧がブッシュプル動作し、チャーピングを完全に除去することができる（F. Koyama and K. Iga, IEEE J. Lightwave Technol., vol. 6, No. 1, pp. 87-93, 1988）。

【0004】 半導体レーザ76の出力光は、この互いに論理が反転した2つのデータ信号に応じて光強度変調さ

れ、その光強度変調信号が光ファイバ伝送路77に送出される。光ファイバ伝送路77から出力される光強度変調光は光検波回路78で直接検波され、その検波信号を識別器79で識別することによりデータ信号が復調される。

【0005】ところで、2値の光強度変調信号のスペクトルは、図15に示すようにキャリア周波数に大きなスペクトル成分をもち、キャリア周波数を中心にビットレートの2倍まで広がったものとなる。なお、図15に示す例はビットレートを5Gbit/sとし、横軸は1目盛り1.2GHzであり、縦軸は1目盛り5dBである。

【0006】このキャリア周波数成分は、光ファイバの非線形性による伝送特性の劣化、特に誘導ブリルアン散乱による光ファイバ入力パワーの制限をもたらし(T. Sugie, IEEE J. Lightwave Technol., vol. 9, pp. 1145-1155, 1991)、さらに光波長多重伝送系において4光波混合によるクロストークを増大させる要因となる(N. Shiba et al., IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-23, pp. 1205-1210, 1987)。また、信号スペクトルの広がりは、長距離大容量伝送を行う際に生じる光ファイバの波長分散による受信感度劣化や、光波長多重伝送系においてチャネル間クロストークにより周波数利用効率を低下させる要因となる。高速波長多重信号の長距離伝送においては、たとえ分散シフトファイバを用いたとしても分散スロープにより、チャネルによっては波長分散の影響が無視できなくなる。これらは、伝送距離、伝送速度、伝送容量を制限する大きな要因となるので、光ネットワークを拡張する上で解決しなければならない課題である。

【0007】そこで、波長分散によって制限される伝送距離を伸ばすために、光強度変調信号のスペクトル広がりを抑圧する手段として、デュオバイナリ信号を用いた3値の光強度を送信する光伝送方式が提案されている(X. Gu and L. C. Blank, Electron. Lett. vol. 29, No. 25, pp. 2209-2211, 1993)。

【0008】図16は、デュオバイナリ信号を用いた従来の光伝送方式のシステム構成を示す。図において、2値のデータ信号は、符号変換回路80で3値のデュオバイナリ信号に変換される。符号変換回路80は、2値のデータ信号を差動符号化する1ビット遅延器(T)81および排他的論理回路(EXOR)82と、その中間系列から3値のデュオバイナリ信号を生成するデュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタ87により構成される。デュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタは、帯域制限フィルタとしても働く。光強度変調器85はこのデュオバイナリ信号により半導体レーザ86より出力される光搬送波を変調し、3値の光強度で変化する光強度変調信号が光ファイバ伝送路77に送出される。光ファイバ伝送路77から出力される光強度変調信号は光検波回路78で直接検波される。この検波信号は3値を示す

ので、2つの識別器79a, 79bで識別し、識別された2つの信号をEXOR回路79cに入力することにより2値のデータ信号を復調することができる。

【0009】このようなデュオバイナリ信号を用いた光伝送方式では光強度変調信号のスペクトルが狭いので、光ファイバの波長分散による伝送特性の劣化が小さいという特徴がある。すでにMZ型光強度変調器を用いた10Gbit/s、100kmの伝送実験でその有効性が確認されている(X. Gu and L. C. Blank, Electron. Lett. vol. 29, No. 25, pp. 2209-2211, 1993)。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、デュオバイナリ信号により光強度を3値に設定する光伝送方式では、3値化による信号点間距離の減少により3dB程度の受信感度劣化が生じる(X. Gu and L. C. Blank, Electron. Lett. vol. 29, No. 25, pp. 2209-2211, 1993)。また、受信側で直接検波された3値のベースバンド信号から2値のデータ信号を復調するために、複雑な受信回路が必要となる。さらに、2値の光強度変調信号と同様に、キャリア周波数に大きなスペクトル成分をもつて、誘導ブリルアン散乱による光ファイバ入力パワーの制限や、光波長多重伝送系において4光波混合によるクロストークを増大させる要因となる。

【0011】本発明は、デュオバイナリ信号により光強度変調を行う構成において、受信感度劣化および受信回路の複雑化を伴うことなく信号スペクトルにおけるキャリア周波数成分を抑圧し、かつ信号帯域を従来の2値の光強度変調信号の半分にして大容量化、高速化、長距離化を図ることができる光送信装置および光伝送システムを提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の光送信装置は、2値のデータ信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換手段と、デュオバイナリ信号の中央値に対する光強度を最小とし、他の2値に対して同じ光強度で互いに位相を反転させた光強度変調を行う光変調手段とにより構成される。本発明の光伝送システムは、前記光送信装置と、その光送信装置から出力された光信号を伝送する光伝送路と、光信号を受信する光受信手段により構成される。

【0013】なお、光強度変調手段は、デュオバイナリ信号の中央値に対する光強度を0とする光強度変調を行うことが好ましい。また、光強度変調手段は、デュオバイナリ信号から振幅が同じで互いに位相が反転した2つの変調器駆動信号を生成する変調器駆動信号生成手段と、光搬送波を発生する光源と、2つの変調器駆動信号を2つの電極に印加し、変調器駆動信号が中央値のときに出力光強度を最小とし、他の2値のときに同じ光強度で互いに位相を反転させた光強度変調を行うMZ型光強度変調器により構成される。

【0014】また、光変調手段は、光搬送波を発生する光源と、反転された2値データ信号を用いて出力光をオンオフで変調する光強度変調器と、デュオバイナリ信号を用いて出力光の位相を $0-\pi/2-\pi$ で変調する光位相変調器とにより構成される。このとき、符号変換手段は、2値データ信号を2つに分岐する分岐回路と、一方の信号を反転する反転回路と他方の信号をデュオバイナリ信号に変換する符号変換回路により構成される。なお、光強度変調手段の入力部に低域通過フィルタを挿入して変調光の帯域を制限することが好ましい。

【0015】受信手段は、光変調信号を直接検波する光検波回路と、検波された2値信号を識別する識別器と、識別された2値信号を論理反転する反転回路とにより構成される。なお、この光送信装置から出力された送信光のディジタルデータを復調する手段としては、DD方式だけでなく、局部発振光を重畳して受信するコヒーレント検波方式も適用できる。

【0016】本発明の光送信装置および光伝送システムでは、2値のデータ信号をデュオバイナリ信号に変換する。このとき、例えばデータ信号の「0」はデュオバイナリ信号の「0」と「2」に対応し、「1」は「1」に対応する。ここで、デュオバイナリ信号「0」、「1」、「2」に対して光強度「1」、「0」、「1」を対応させ、かつデュオバイナリ信号「0」、「2」に対する光位相を互いに反転させて光強度変調する。すなわち、デュオバイナリ信号の中央値に対する光強度を最小（理想的には0）とし、他の2値に対して同じ光強度で互いに位相を反転させた光強度変調信号を生成することにより、変調された光信号のスペクトルは、ベースバンドでのデュオバイナリ信号のスペクトルをそのまま光周波数帯に移動したものとなる。従って光変調信号スペクトルは、キャリア周波数成分が抑圧され、また信号帯域が従来の2値の光強度変調信号の半分となる。

【0017】また、本発明における光強度変調信号の強度は“オン”と“オフ”的2値しかとらないので、2値の直接検波受信機をそのまま用いることができる。ただし、2値データ信号の“1”、“0”に対して光変調信号の強度は、“オフ”、“オン”となるため、受信機で論理反転を行う必要がある。

【0018】また、本発明方式における光強度変調信号の信号点間距離は、従来方式の2値の光強度変調信号と等しいので、原理的には従来の2値のIM-DD方式に比べて受信感度劣化は生じない。また、光変調手段の入力部に低域通過フィルタを挿入することによって、光変調信号の帯域を制限することになるので、耐分散特性を向上させることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】図1Aは、本発明の光伝送方式のシステム構成の第1実施例を示す。本実施例では、2つの電極に電圧を印加することにより2つの光導波路を伝

搬する光の遅延を独立に変化させることができるデュアルドライブMZ型光強度変調器を用いる構成を示す。

【0020】図において、2値のデジタルデータ信号は、符号変換回路80でデュオバイナリ信号に変換される。符号変換回路80は従来構成と同様であり、1ビット遅延器(T)81, 83、排他的論理回路(ExOR)82、加算器84により構成される。この3値(0, 1, 2)のデュオバイナリ信号を2分岐し、一方を反転回路11に入力して振幅が同じで互いに位相が反転した2つのDC成分のないデュオバイナリ信号(-1, 0, 1)を生成し、それに比例した電圧をMZ型光強度変調器70の電極74a, 74bにそれぞれ印加する。

【0021】半導体レーザ76の出力光は、この互いに位相が反転した2つのデュオバイナリ信号に応じて光強度変調され、その光強度変調信号は光ファイバ伝送路77に送出される。光ファイバ伝送路77から出力される光強度変調光は光検波回路78で直接検波され、その検波信号を識別器79で識別し、反転回路12で論理反転することによりデータ信号が復調される。

【0022】本発明の特徴は、3値(0, 1, 2)のデュオバイナリ信号で光強度変調するときに、その中央値(1)に対して出力光強度が最小になるようにバイアス電圧を調整するところにある。理想的には中央値(1)のときに出力光強度が0となることが望ましい。また、2つの電極74a, 74bに印加する電圧は、その絶対値が等しく、光の位相をπ変化させるのに必要な電圧すなわち半波長電圧以下となるように設定する。理想的にはピーク間電圧は半波長電圧であることが望ましい。このとき、図2に示すようにデュオバイナリ信号の3つの信号点が最大透過率の点A、最小透過率の点B、最大透過率の点Cに対応する。なお、点Aと点Cではともに光強度変調信号の強度が最大となるが、位相が反転する。

【0023】これらの調整を行うために、各分岐路に相補的デュオバイナリ信号の振幅を調節するための振幅調整回路76a, 76bがもうけられ、一方の分岐路には電極74aに適正なバイアス電圧を与えるためのバイアス調整回路76cがもうけられる。電極74aと74bは各々、抵抗78a, 78bを介して接地される。

【0024】図1Bは図1Aの変形例を示す。図1Bの特徴は各分岐路に低域通過フィルタ(LPF)75a, 75bを挿入して高調波成分を除去して光変調器を駆動するベースバンド信号の帯域を制限することにある。このフィルタは信号分岐の前に1個だけ挿入してもよい。これらのフィルタの通過帯域は無限大からゼロまで任意に設計できる。光変調器を駆動する信号の帯域が制限されると、図1Cに示すように伝送距離をのばすことができる。ここで横軸は伝送距離(km)、たて軸はアイ開口劣化(dB)を示し、白点曲線は帯域幅B=0.5(伝送速度で正規化した3dB帯域幅、ガウス型LP

F)、黒点曲線は帯域制限なしの場合を示す。帯域幅を制限する白点曲線(B=0.5)は黒点曲線よりも伝送可能距離が長いことがわかる。図16に示すようにデュオバイナリ信号を生成する符号変換器80が低域通過フィルタを有するときは、符号変換器の低域通過フィルタ87が、デュオバイナリ信号の帯域を制限する低域通過フィルタ75a, 75bを兼ねることができる。図16の低域フィルタをもつ符号変換器の使用は、図1Dで低域通過フィルタとしてピットレートの半分の帯域で遮断する理想矩形フィルタを用いた場合と等価である。

【0025】図1Dはマッハツエンダ形光強度変調器の変形例70bを示し、一方の電極が分割されて74a-1と74a-2となり、直流バイアス電圧が特定の電極74a-2に印加される。この場合バイアス調節回路76cは省略される。

【0026】ここで、3値(0, 1, 2)のデュオバイナリ信号と、本発明における光強度変調信号の光強度および光位相との関係を図3に示す。光強度は「1(オン)」と「0(オフ)」の2値であるが、光強度「1(オン)」に対して光位相が「0」と「π」の2値となる。なお、デュオバイナリ信号は「0」と「2」との間では符号遷移は起こらないので、光強度が一定のまま光位相が「0」と「π」との間で直接変化することはない。

【0027】デュオバイナリ信号(-1, 0, 1)のパワースペクトル密度は、図4に示すようにDC成分が存

在せず、ピットレートの半分の帯域にほとんどのパワーが集中する。また、本発明における光強度変調信号の位相反転関係を正と負の振幅とみなせば、光強度変調信号はデュオバイナリ信号と光キャリアの乗算で表すことができる。したがって、本発明における光強度変調信号のスペクトルは、このスペクトルをそのまま光周波数帯へ移動したものとなりキャリアが抑圧され、キャリア周波数を中心としたピットレート帯域内にパワーが集中する。

【0028】このようにして得られた光強度変調信号を直接検波し、反転回路12で論理反転することにより、2値のデータ信号を復調することができる。ここで、①2値のデータ信号{ak}、②差動符号化した中間系列{bk}、③デュオバイナリ信号{dk}、④反転されたデュオバイナリ信号

【数1】

$$\{\overline{d_k}\}$$

、⑤光強度変調信号{ek}、⑥検波信号{|ek|^2}、⑦復調されたデータ信号

【数2】

$$\{|e_k|^2\}$$

の一例を表1に示す。

【表1】

①	ak	0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1
②	bk = ak ⊕ bk-1	0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 1 0
③	dk = bk + bk-1	0 0 0 1 2 2 1 1 2 1 0 1 1 1 1 1
④	$\overline{d_k}$	2 2 2 1 0 0 1 1 0 1 2 1 1 1 1 1
⑤	ek = -cos[dk π/2]	-1 -1 -1 0 1 1 0 0 1 0 -1 0 0 0 0
⑥	ek ^2	1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0
⑦	$\overline{ e_k ^2}$	0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1

【0029】なお、光強度変調信号⑤の「1」と「-1」は位相反転を示すが、その検波信号はともに1となる。ここでは、2⁴-1疑似ランダムビット列における符号化から復号化までの信号の流れを示したが、一般の信号列について同様である。

【0030】以上示した構成による実験結果を示す。実験ではピットレート5Gbit/sとした。図5(a)は光強度変調用のデュオバイナリ信号波形を示し、図5

(b)は受信信号波形を示す。図6は、デュオバイナリ信号スペクトルを示す。ピットレートの半分の帯域にはほとんどのパワーが集中しているのがわかる。図7は、本発明における光強度変調信号スペクトルを示す。キャリア周波数成分が抑圧され、帯域が従来の2値の光強度変調信号(図15)の半分になっていることがわかる。図8は、本発明方式と従来方式(2値のIM-DD方式)の符号誤り率特性を示す。両者の違いはほとんどなく、

本発明方式をとっても受信感度が劣化しないことがわかる。

【0031】図9Aは、本発明の光伝送方式のシステム構成の第2実施例を示す。本実施例の特徴は、デマルチプレクサを利用して2値のデータ信号から互いに位相が反転した2つのデュオバイナリ信号を生成するところにある。

【0032】図において、2値のデータ信号は1ビット遅延器(T)81および排他的論理回路(EXOR)82で差動符号化され、その中間系列がデマルチプレクサ(DEMUX)21に入力される。デマルチプレクサ21は入力された中間系列をビット単位で多重分離し、その反転データとともにに出力する。デマルチプレクサ21から出力される2チャネルのデータを加算器84aで加算し、2チャネルの反転データを加算器84bで加算することにより、振幅が同じで互いに位相が反転した2つのデュオバイナリ信号が生成される。この2つのデュオバイナリ信号に比例した電圧をMZ型光強度変調器70の電極74a, 74bにそれぞれ印加する。その他の構成は第1実施例と同様である。図9Bは、本発明の第2実施例の変形例を示す。これは第1実施例と同様に低域通過フィルタを挿入することによって耐分散特性の向上を図ったものである。

【0033】ここで、デマルチプレクサを用いたデュオバイナリ信号の生成過程を図10に示す。①は2値のデータ信号、②は中間系列、③と④はデマルチプレクサ21のチャネル1(ch.1)およびチャネル2(ch.2)の出力、⑤はデュオバイナリ信号を示す。

【0034】図11Aは、本発明の光伝送方式のシステム構成の第3実施例を示す。本実施例の特徴は、光強度変調器と光位相変調器を縦続に接続し、2値のデータ信号の反転信号で光強度変調器を駆動し、2値のデータ信号から生成されたデュオバイナリ信号で光位相変調器を駆動するところにある。光強度変調器はオン-オフ動作が可能であり、光位相変調器は0-πの位相変調動作が可能であればよい。

【0035】図において、2値のデータ信号は、符号変換回路80および反転回路75に入力される。半導体レーザ76の出力光は光強度変調器31に入力され、反転回路75を介して反転したデータ信号によって光強度変調される。その光強度変調光はさらに光位相変調器32に入力され、符号変換回路80で2値のデータ信号から変換されたデュオバイナリ信号によって光位相変調される。この光強度変調31および光位相変調器32で変調された光強度変調信号が光ファイバ伝送路77に送出される。なお、符号変換回路80は従来構成と同様であり、1ビット遅延器(T)81, 83、排他的論理回路(EXOR)82、加算器84により構成される。受信側の構成は第1実施例と同様である。図11Bは本発明の第3実施例の変形例を示す。これは第1実施例、第

2実施例と同様に低域通過フィルタを挿入することによって耐分散特性の向上を図ったものである。

【0036】ここで、光強度変調器31および光位相変調器32の駆動信号を図12に示す。光位相変調器32を駆動するデュオバイナリ信号「0」、「1」、「2」に対して光強度「1」、「0」、「1」が対応し、かつデュオバイナリ信号「0」、「2」に対する光位相が互いに反転することがわかる。このようにして変調された光信号は第1実施例の光強度変調信号と同じになるので、第1実施例と同様に直接検波して論理反転を行うことによりデータ信号を復調することができる。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光伝送方式では、受信感度劣化および受信回路の複雑化を伴うことなく、信号スペクトルにおけるキャリア周波数成分を抑圧することができる。したがって、誘導ブリルアン散乱による光ファイバ入力パワーの制限を緩和できるとともに、光波長多重伝送系において4光波混合によるクロストークを低減することができる。さらに、信号帯域を従来の2値の光強度変調信号の半分とすることができるの、光ファイバ波長分散の影響が小さくなるとともに、光波長多重伝送系における周波数利用効率を向上させることができる。すなわち、本発明の光伝送方式では、従来方式で光ファイバの波長分散や非線形性により制限されていた大容量化、高速化、長距離化をさらに進めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1A】本発明の光伝送方式のシステム構成の第1実施例を示すブロック図。

【図1B】本発明の第1実施例の変形例。

【図1C】本発明における光強度変調信号の耐波長分散特性。

【図1D】図1Aの光強度変調器の変形例。

【図2】第1実施例におけるMZ型光強度変調器の動作を説明する図。

【図3】第1実施例におけるデュオバイナリ信号と本発明における光強度変調信号の関係を説明する図。

【図4】デュオバイナリ信号のパワースペクトル密度を示す図。

【図5】デュオバイナリ信号波形および受信信号波形を示す図。

【図6】デュオバイナリ信号スペクトルを示す図。

【図7】本発明における光強度変調信号スペクトルを示す図。

【図8】本発明方式と従来方式(2値のIM-DD方式)の符号誤り率特性を示す図。

【図9A】本発明の光伝送方式のシステム構成の第2実施例を示すブロック図。

【図9B】本発明の第2実施例の変形例。

【図10】デマルチプレクサを用いたデュオバイナリ信

号の生成過程を示す図。

【図11A】本発明の光伝送方式のシステム構成の第3実施例を示すブロック図。

【図11B】本発明の第3実施例の変形例。

【図12】第3実施例における光強度変調器および光位相変調器の駆動信号を示す図。

【図13】MZ型光強度変調器を用いた従来の光伝送方式のシステム構成を示す図。

【図14】従来の光伝送方式におけるMZ型光強度変調器の動作を説明する図。

【図15】従来の2値の光伝送方式における光強度変調信号スペクトルを示す図。

【図16】デュオバイナリ信号を用いた従来の光伝送方式のシステム構成を示す図。

【符号の説明】

11, 12, 75 反転回路

21 デマルチプレクサ (DEMUX)

31 光強度変調器

32 光位相変調器

70 MZ型光強度変調器

71, 73 カプラ

72 光導波路

74 電極

75a, 75b 低域通過フィルタ

76 半導体レーザ

76a, 76b 振幅調整回路

76c バイアス調整回路

77 光ファイバ伝送路

78 光検波回路

78a, 78b 抵抗

79 識別器

80 符号変換回路

81, 83 1ビット遅延器 (T)

82 排他的論理回路 (EXOR)

84 加算器

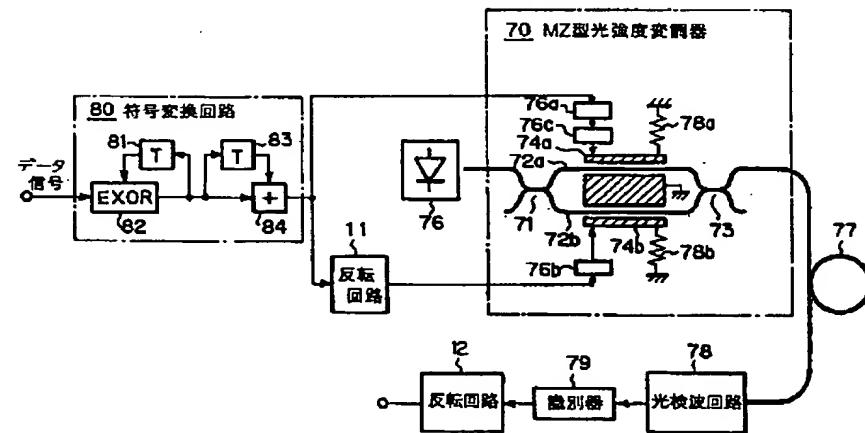
85 レーザ変調器

86 半導体レーザ

87 デュオバイナリ信号生成用低域通過フィルタ

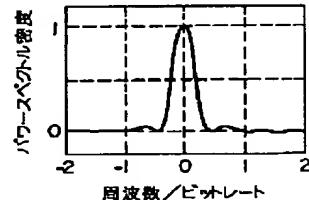
【図1A】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第1実施例



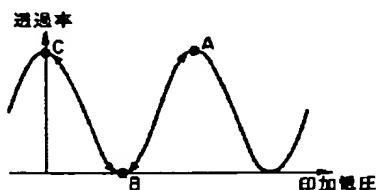
【図4】

デュオバイナリ信号のパワースペクトル密度



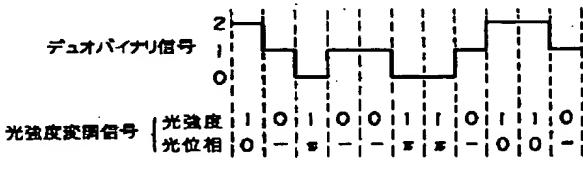
【図2】

第1実施例におけるMZ型光強度変調器の動作



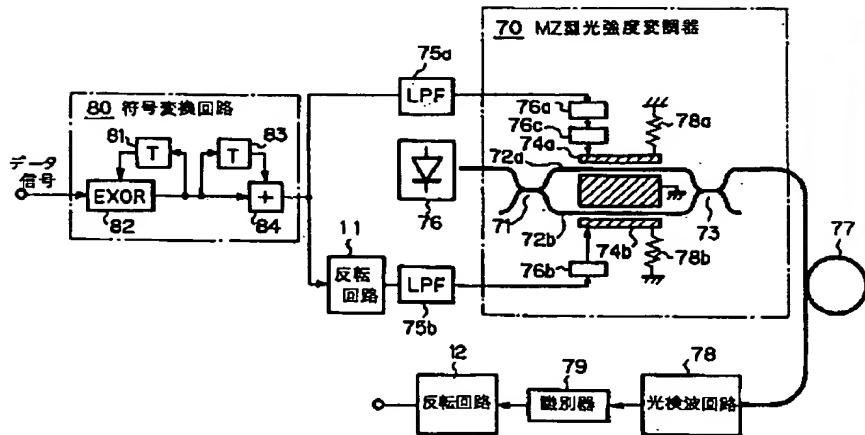
【図3】

第1実施例におけるデュオバイナリ信号と光強度変調信号の関係



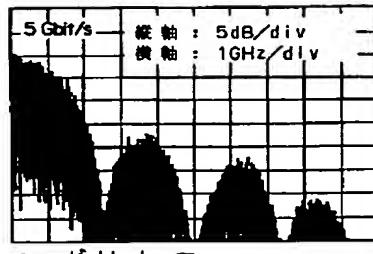
【図1B】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第1実施例



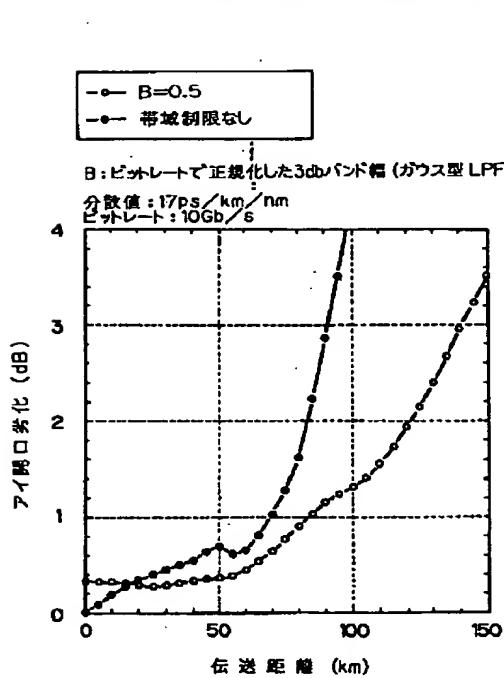
【図6】

デュオバイナリ信号スペクトル

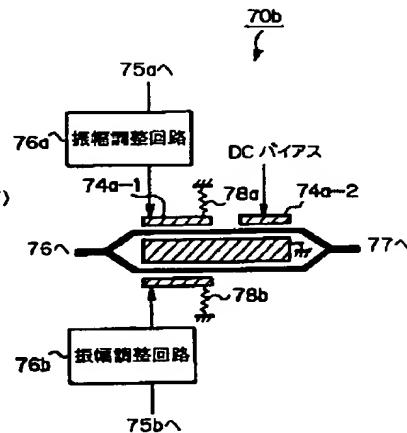


【図1C】

本発明における光強度変調信号の耐波長分散特性

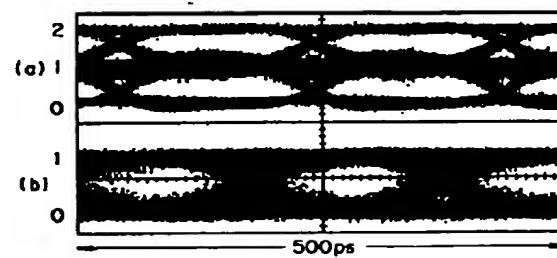


【図1D】



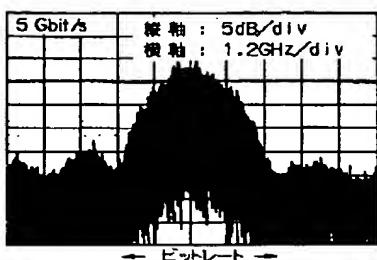
【図5】

デュオバイナリ信号波形および受信信号波形



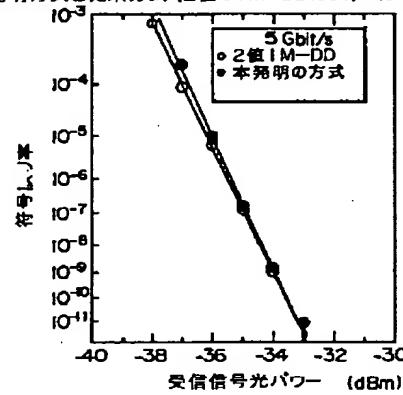
【図7】

本発明における光強度変調信号スペクトル



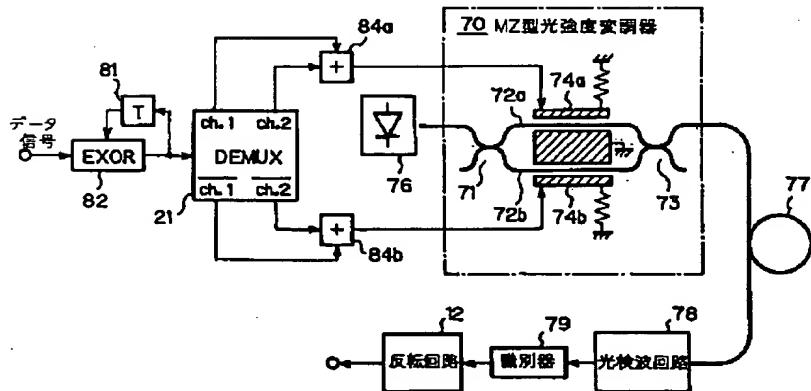
【図8】

本発明方式と従来方式(2値のIM-DD方式)の符号誤り率特性



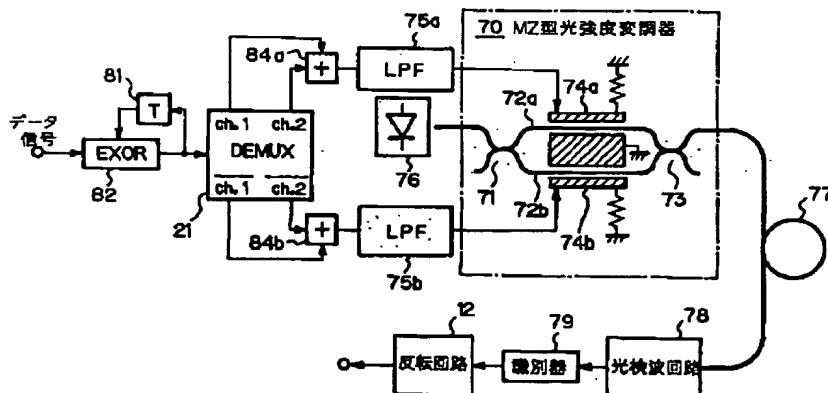
【図9 A】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第2実施例



【図9 B】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第2実施例



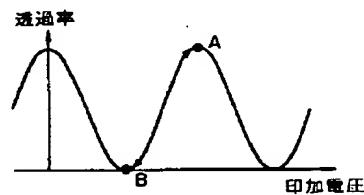
【図10】

デマルチブレクサを用いたデュオバイナリ信号の生成過程

1 データ信号	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1		
2 中間系列	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1		
3 ch. 1	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0		
4 ch. 2	<table border="1"><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1		
5 デュオバイナリ信号	<table border="1"><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	0	0	1	2	2	1	1	2	1	0	1
0	0	0	1	2	2	1	1	2	1	0	1		

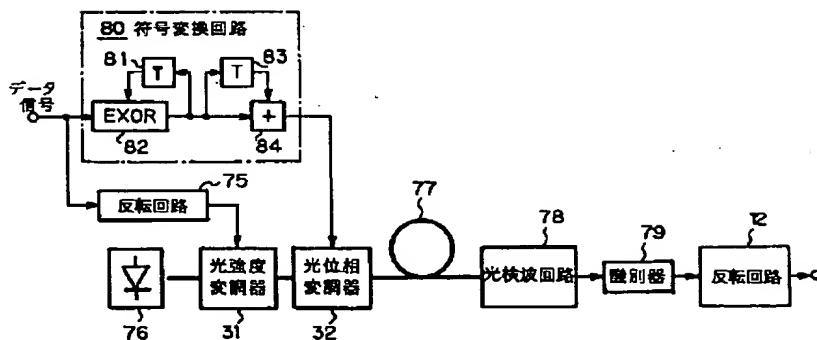
【図14】

従来の光伝送方式におけるMZ型光強度変調器の動作



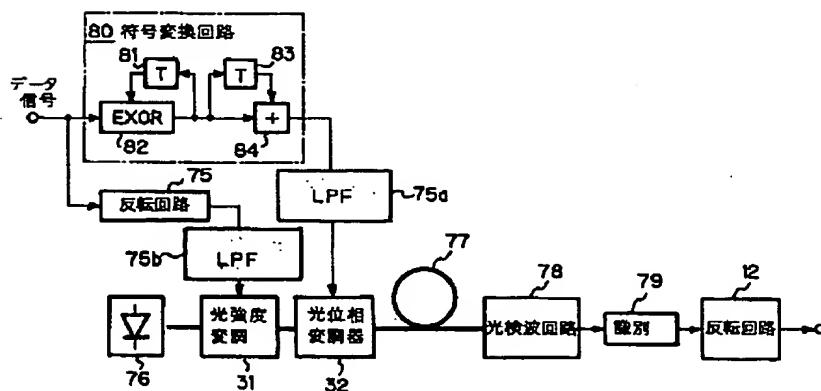
【図11A】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第3実施例



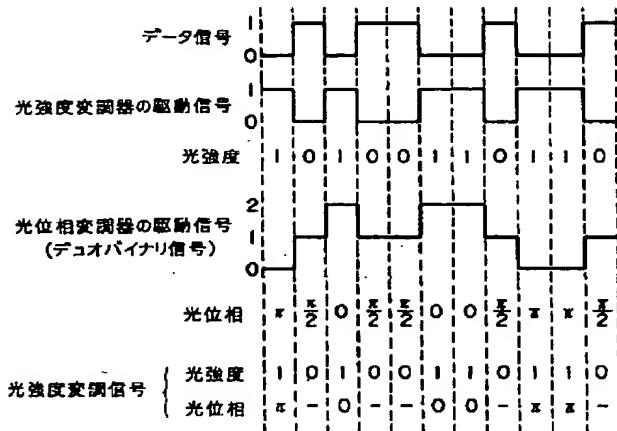
【図11B】

本発明の光伝送方式のシステム構成の第3実施例



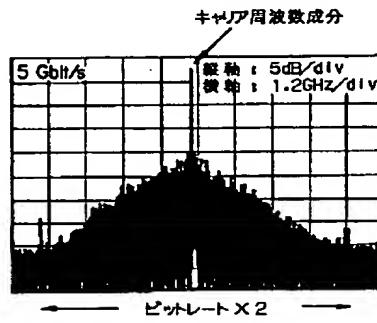
【図12】

第3実施例における光強度変調器および光位相変調器の駆動信号



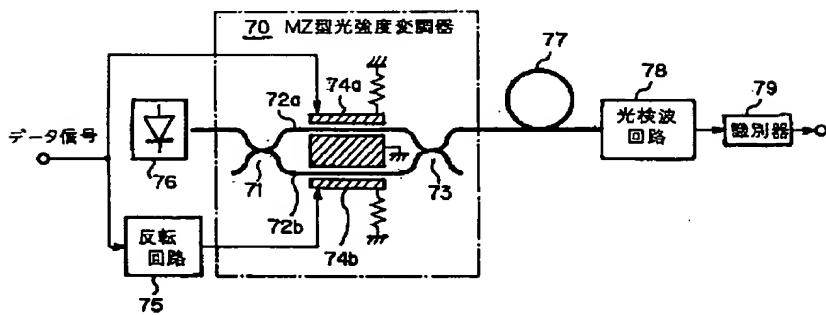
【図15】

従来の光伝送方式における2値の光強度変調信号スペクトル



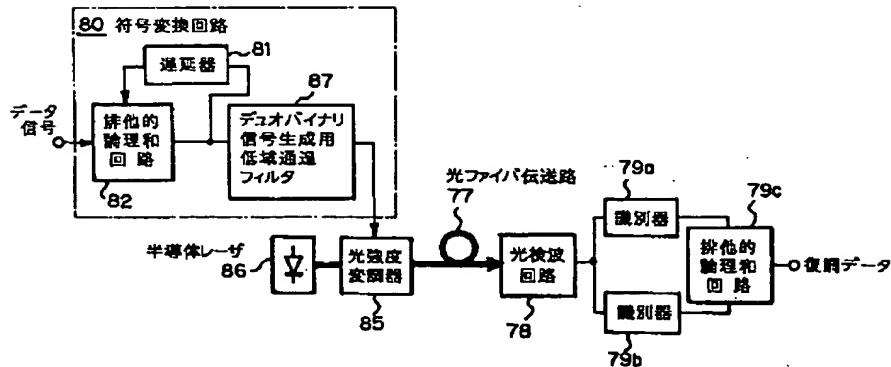
【図13】

MZ型光強度変調器を用いた従来の光伝送方式のシステム構成



【図16】

デュオバイナリ信号を用いた従来の光伝送方式のシステム構成



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H O 4 B	10/06			
	10/28			
	10/26			
	10/14			
H O 4 L	25/497	9199-5K		

(72) 発明者 乗松 誠司
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内